



Undersøiske fabrikker: Naturgasproduktion direkte fra havbunden

Kruger, Francois J.; Kontogeorgis, Georgios M.; Solbraa, Even; von Solms, Nicolas

Published in:
Dansk Kemi

Publication date:
2018

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Kruger, F. J., Kontogeorgis, G. M., Solbraa, E., & von Solms, N. (2018). Undersøiske fabrikker: Naturgasproduktion direkte fra havbunden. *Dansk Kemi*, 99(7), 26-27.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Undersøiske fabrikker: Naturgasproduktion direkte fra havbunden

Med et globalt stigende energiforbrug er der brug for at øge mængden af produceret energi. I et samarbejde mellem DTU-CERE og Equinor arbejdes der derfor med naturgasdehydrering. Der er fundet nye ligevægtsdata og udført forbedret termodynamisk modellering af relevante kemiske blandinger.

Af Francois J. Kruger¹, Georgios M. Kontogeorgis¹, Even Solbraa² og Nicolas von Solms¹

¹ Centre for Energy Resources Engineering (CERE), Institut for Kemiteknik, Danmarks Tekniske Universitet

² Forskningscenter Rotvoll, Equinor ASA

CERE (Centre for Energy Resources Engineering) har en lang historie for at samarbejde med industrien om fælles projekter, som for eksempel projektet Chemicals for Gas Processing (CHIGP).

I en nylig undersøgelse foretaget sammen med det norske energiselskab Equinor (tidligere Statoil) har CERE bidraget med ekspertise inden for fase-ligevægtsmålinger og termodynamisk modellering.

Det ultimative mål med dette projekt

er at konstruere fuldt operationelle forarbejdningsanlæg under havet.

Hvorfor behandler man på havbunden?

Equinor har i de senere år udvidet deres værktøjskasse med undersøiske teknologiske muligheder i projektet Subsea Factory [2]. Udviklingen af tidligere undersøiske teknologier har inkluderet pumper og mindre separationsfartøjer. Siden slutningen af 2015 har verdens første undersøiske gaskompressor været i drift i Asgård.

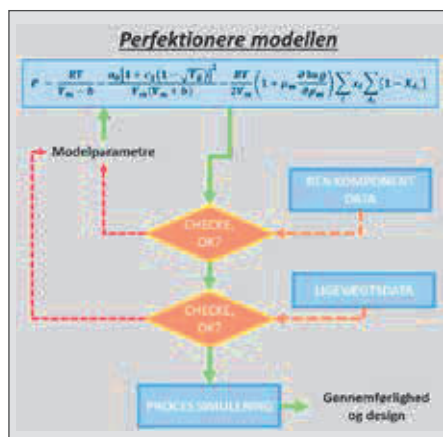
Forarbejdning af undersøisk højtryks-naturgas giver adskillige fordele frem for traditionel onshore dehydrering, figur 1.

Bidraget fra CERE, DTU involverer måling af relevante fase-ligevægtsdata og anvendelse af ekspertise inden for termodynamisk modellering. Fase-ligevægtsdata er afgørende for separationsprocessen

og kan beskrives simpelt som svaret på følgende spørgsmål: "For en blanding af kemikalier i to eller flere faser, hvor meget af hvert kemikalie vil du se i hver fase, efter at der er gået tilstrækkelig tid?" For udtørring af naturgas er fokus mængden af vand i damp/gasfasen.

Måling af eksperimentelle data

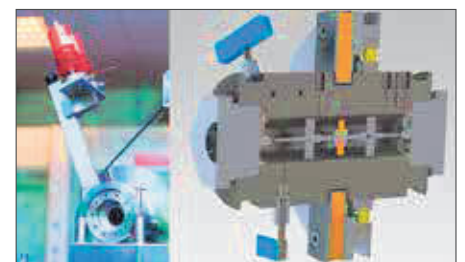
Laboratorierne på DTU huser en damp-væske-væske-ligevægtscelle [3], figur 2, som er forbundet med en nyhervret Agilent 7890B gaskromatograf. Ved måling af gentagne prøver kan usikkerheden i analyserne kvantificeres. Equinor har sit eget ligevægtsmålingsapparat (beskrevet i vores tidligere arbejde [4-5]). Ved at sammenligne resultaterne fra begge laboratorier får vi yderligere sikkerhed om målingernes nøjagtighed. Nyligt og aktuelt arbejde omfatter målinger for systemer, der indeholder naturgaskomponenter, vand og ethylenglycol ved tryk på op til 150 bar og 50°C.



Cubic-Plus-Association (CPA) tilstandsigning.



Figur 1. Undervandsbehandling - flere fordele, men virkelig kun en ulempe (pil = øge/aftage, rød = værre, grøn = bedre).



Figur 2. Trefaset ligevægtscelle og prøveudtagningsapparater på DTU Kemiteknik.

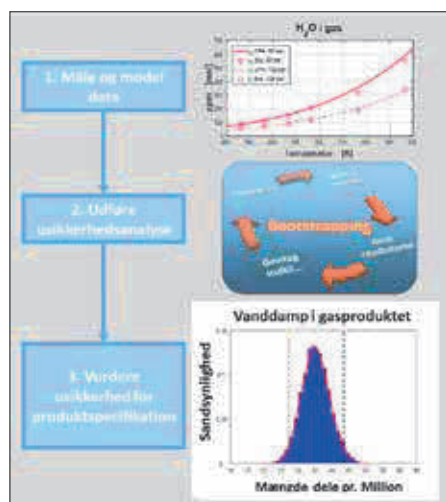
Termodynamiske modeller og procesdesign: Effektiv implementering af data

Eksperimentelle data er ikke det eneste krav til design af kemiske behandlingsenheder. Termodynamiske modeller bruges til at forstå forbindelserne mellem målte datapunkter og at forudsige andre kemiske egenskaber. Processimulatorer (for eksempel Aspen Hysis eller Pro/II) anvender termodynamiske modeller til at beskrive en hel proces (for eksempel ligesom naturgasdehydrering) og tillader designingeniører at afgøre, om processen vil fungere, samt hvordan behandlingsenheden skal bygges.

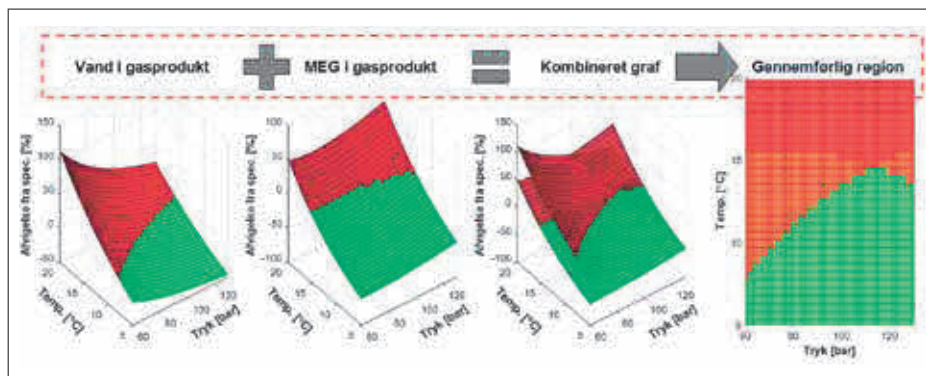
Vi anvender Cubic-Plus-Association (CPA) tilstandsligningen [6-7] (se ligning på side 26), som blev udviklet specifikt til modelleringssystemer, der indeholder naturgas, lette olier og polære forbindelser som for eksempel vand og alkoholer, der kan danne hydrogenbindinger. Vi tager også skridtet videre ved at implementere en slags usikkerhedsanalyse kaldet bootstrapping [8-9] for at generere statistiske intervaller (i stedet for enkeltpunkter) for vores output variable, figur 3.

Endelig kan de eksperimentelle-, termodynamiske resultater og usikkerhedsfaktorer kombineres og bruges i processimuleringer.

Et af de første trin i proces-simulering og design er at bestemme driftsområde. Denne del bestemmes af driftsbetingelserne (for eksempel temperatur og tryk) og produktspecifikationerne. Produkt-



Figur 3. Fra eksperimentelle data til usikre forudsigelser med Bootstrap-teknikken.



Figur 4. Visualisering af kombinationen af produktspecifikationer for at finde driftsområdet.

specifikationer er givet enten af kunderne eller i henhold til lovgivningen. For naturgasdehydrering er de vigtigste specifikationer indholdet af vand og MEG i produktet. Vores mål er at finde et sæt procesbetingelser, hvor operationerne forbliver sikkert inden for specifikationen og bruger mindst mulig energi/kemikalier.

Ved at kombinere evalueringer af forskellige specifikationer kan vi finde den overordnede gennemførlige region. Figur 4 viser temperatur og trykforhold (i grøn), hvor produktspecifikationerne opnås. Vi ser, at vand i gas er stærkt afhængig af temperatur og tryk. MEG i gasspecifikationen er mindre følsom for ændringer i forholdene, men temperaturen skal være under 15°C. Ved at kombinere to specifikationsgrafer kan vi identificere et passende driftsområde til vores proces.

Konklusioner og fremtidsperspektiver

Verdens energiforbrug er støt stigende og de traditionelle reserver udtømmes. Derfor bør der fokuseres på undersøisk forarbejdning, hvor mulighederne er mange og spændende (selvom det er udfordrende).

Naturgasdehydrering er en sådan proces, som kan udnyttes til forbedret nyttiggørelse, sikrere drift og et reduceret energiforbrug. DTU CERE samarbejder med Equinor om at måle nye ligevægtsdata og forbedre termodynamisk modellering af relevante kemiske blandinger.

Sikkerheden i forbindelse med den undersøiske teknologi er meget vigtig. Vi anvender statistiske metoder til bedre at forstå de procesrisici, der er involveret i dette projekt.

E-mail:

Nicolas von Solms: nvs@kt.dtu.dk

Referencer

- Equinor ASA. Invisible platforms - The subsea revolution: making platforms invisible - equinor.com <http://www.equinor.com/en/magazine/the-final-frontier.html> (accessed Jul 3, 2018).
- Ramberg, R.M.; Davies, S.R.H.; Rognø, H.; Økland, O. Steps to the Subsea Factory. In *OTC-24307-MS*; Offshore Technology Conference: Rio de Janeiro, 2013.
- Frost, M.; von Solms, N.; Richon, D.; Kontogeorgis, G.M. Measurement of Vapor-Liquid-Liquid Phase Equilibrium-Equipment and Results. *Fluid Phase Equilibria* **2015**, *405*, 88-95.
- Kruger, F.J.; Danielsen, M.V.; Kontogeorgis, G.M.; Solbraa, E.; von Solms, N. Ternary Vapor-Liquid Equilibrium Measurements and Modeling of Ethylene Glycol (1) + Water (2) + Methane (3) Systems at 6 and 12.5 MPa. *J. Chem. Eng. Data* **2018**, *63*, 1789-1796.
- Kruger, F.J.; Kontogeorgis, G.M.; Solbraa, E.; von Solms, N. Multicomponent Vapor-Liquid Equilibrium Measurement and Modeling of Ethylene Glycol, Water, and Natural Gas Mixtures at 6 and 12.5 MPa. *J. Chem. Eng. Data* **2018**, artiklen i pressen.
- Kontogeorgis, G.M.; Voutsas, E.C.; Yakoumis, I.V.; Tassios, D.P. An Equation of State for Associating Fluids. *Ind. Eng. Chem. Res.* **1996**, *35*, 4310-4318.
- Derawi, S.O.; Michelsen, M.L.; Kontogeorgis, G.M.; Stenby, E.H. Termodynamiske modeller for produktionskemikaliers egenskaber. *Dansk Kemi* **2003**, *84*, 15-17.
- Bjørner, M.G.; Sin, G.; Kontogeorgis, G.M. Uncertainty Analysis of the CPA and a Quadrupolar CPA Equation of State - With Emphasis on CO₂. *Fluid Phase Equilibria* **2016**, *414*, 29-47.
- Kruger, F.J.; Kontogeorgis, G.M.; Solbraa, E.; von Solms, N. New association schemes for mono-ethylene glycol: Cubic-Plus-Association parameterization and uncertainty analysis. *Fluid Phase Equilibria* **2018**, *458*, 211-233.